

Etude écophysiological de la productivité de quelques graminées à hauts rendements fourragers cultivées au Sénégal.

I. Influence des conditions matérielles d'exploitation sur les valeurs en matière sèche de la production sur pied et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau

par J. BOYER (1) et G. ROBERGE (2)

(1) Centre ORSTOM de Dakar, B.P. 1386, Dakar, République du Sénégal.

(2) Laboratoire national de l'Elevage et de Recherche vétérinaires, ISRA, B.P. 2057, Dakar, République du Sénégal.

RÉSUMÉ

BOYER (J.), ROBERGE (G.). — Etude écophysiological de la productivité de quelques graminées à hauts rendements cultivées au Sénégal. I. Influence des conditions matérielles d'exploitation sur les valeurs en matière sèche de la production sur pied et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1985, 38 (4) : 320-338.

La culture irriguée de certaines graminées réputées à hauts rendements fourragers implique en premier lieu le choix d'un matériel végétal sélectionné et l'adoption d'une technologie d'exploitation permettant à ces plantes d'exprimer leurs potentialités et de fournir leurs meilleurs rendements. Cette étude a permis de mettre en évidence l'importance particulière de certaines techniques culturales, parmi lesquelles les apports en éléments minéraux et le rythme de l'exploitation semblent les plus importants, si l'on veut maximiser la production fourragère et l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Les résultats obtenus pendant 5 années consécutives ont montré le rôle particulier d'une fumure azotée suffisante : elle élève nettement les taux de croissance et les rendements en matière sèche, et contribue également à régulariser la répartition saisonnière des productions au cours de l'année. Ils ont également permis de mettre en évidence l'intérêt particulier des *Panicum maximum*, matériel génétique d'élection pour une production fourragère intensive et pour une excellente rentabilisation de l'eau apportée. Il devrait pouvoir être largement diffusé dans les diverses zones du Sénégal propices à une forme d'élevage améliorée.

Mots clés : Production fourragère - Exploitation des pâturages - Nutrition minérale - Fumure azotée - Eau - Régime hydrique - Evapotranspiration - *Panicum maximum* - *Brachiaria mutica* - *Brachiaria brizantha* - *Andropogon gayanus* - *Chloris gayana*.

SUMMARY

BOYER (J.), ROBERGE (G.). — Environmental and physiological study of the production of some high yield fodder grasses grown in Senegal. Part I — Influence of physiological growing conditions on dry matter (d. m.) production of standing crop, and water absorption efficiency. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1985, 38 (4) : 320-338.

To express their potential and productivity, crop irrigation of some varieties of high yield fodder grasses implies the primary choice of a selected vegetal material together with appropriate technologies.

The present study highlights the outstanding value of various farming techniques, among which mineral factor supply and cultivation cycles seem likely to be most important in view of maximizing production and water absorption efficiency.

Data collected after 5 consecutive years reveal the specific influence of an adequate nitrogen fertilization, resulting in a significant increase of both the growth rate and d.m. yields. It equally contributes to a better seasonal balance of the annual crop, and shows evidence of the particular interest of different varieties of *Panicum maximum* as selected genetic material.

Keeping in mind their high yield fodder production as well as a high cost effective ratio of the distributed water, such grasses should be largely extended throughout Senegal, wherever suitable areas are available for an improved animal production.

Key words : Fodder production - Pasture management - Mineral nutrition - Nitrogen fertilization - Water - Water balance - Evapotranspiration - *Panicum maximum* - *Brachiaria mutica* - *Brachiaria brizantha* - *Andropogon gayanus* - *Chloris gayana*.

INTRODUCTION

Comme il a été montré dans des études précédentes (4, 6), la culture au Sénégal de certaines graminées réputées à hauts rendements

fourragers implique non seulement la maîtrise de l'alimentation en eau, mais également d'une technologie d'exploitation susceptible de valoriser les quantités distribuées, le plus souvent à grands frais. Des études effectuées à ce sujet

par le L.N.E.R.V.-I.S.R.A. à Dakar (7, 8) ont montré en effet que l'eau apportée est d'un coût élevé et que la pratique de l'irrigation ne peut être envisagée que pour des productions à hauts rendements. Si l'on veut par conséquent rentabiliser la pratique de la culture fourragère, il faut donc lui donner un caractère intensif. Cela implique en premier lieu le choix d'un matériel végétal sélectionné adéquat répondant à ce but, et l'adoption d'un système d'exploitation permettant à ces plantes d'exprimer toutes leurs potentialités et de fournir leurs meilleurs rendements. Pour cela, les conditions suivantes doivent être respectées :

- choix d'un matériel végétal qui s'adapte aux conditions climatiques non modifiables du milieu dans lequel il est introduit ;

- facilité de multiplication (si possible par semis) ;

- apport d'une fumure minérale suffisante pour couvrir au moins les pertes et les exportations de matière ;

- élimination des adventices concurrentielles et des prédateurs ;

- adoption d'un rythme d'exploitation, ou de fréquence des coupes à une hauteur suffisante du sol pour favoriser une bonne repousse.

Elles constituent, comme l'expose BOUDET dans un de ses ouvrages (3), les bases agronomiques indispensables pour une production fourragère intensive.

Les premiers résultats de ces travaux, effectués à la Station expérimentale de l'élevage de Sangalkam (L.N.E.R.V.-I.S.R.A.) depuis 1975, ont montré que l'étude quantitative des rapports entre la consommation d'eau d'une culture de graminées fourragères et sa production sur pied en matière sèche répond à plusieurs préoccupations. Le choix du matériel végétal en est l'une des plus importantes puisqu'il peut exister, chez un même cultivar, une grande variabilité saisonnière des productivités et par conséquent des valeurs de l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Les critères de ce choix doivent donc reposer non seulement sur les potentialités productives d'une espèce donnée, mais également sur la **répartition saisonnière de cette productivité** (40). Dans ce but, on doit s'efforcer de rechercher celles qui peuvent présenter une relative indépendance entre les facteurs intrinsèques de la croissance et les composantes climatiques dont l'action est reconnue essentielle, de façon à pouvoir obtenir une production bien répartie tout au long d'une année. L'incorporation de fourrage frais à l'ali-

mentation du bétail est en effet un facteur favorable à la production laitière (8).

C'est pourquoi il a été accordé une importance particulière à l'étude de l'action de certaines techniques culturales, parmi lesquelles les apports en éléments minéraux (azotés en particulier) et le rythme de l'exploitation semblent les plus importants. Ceci répond en effet au but fondamental de ces recherches : maximiser la production fourragère et l'efficacité de l'utilisation de l'eau, chaque fois que les conditions naturelles sont propices à un mode intensif d'exploitation. Il est également tout aussi important que ces techniques aboutissent également à la production d'un fourrage bien accepté par le bétail et présentant une valeur nutritive satisfaisante.

1. CHOIX DE L'EMPLACEMENT ET DISPOSITIFS D'OBSERVATION

Ces bases étant déjà exposées dans des études antérieures (6), nous nous bornerons simplement à rappeler que ce travail s'est déroulé entièrement à la Station expérimentale de l'élevage de Sangalkam (L.N.E.R.V.-I.S.R.A.), en étroite collaboration avec cet organisme et d'une façon ininterrompue, de 1975 à 1981.

Le dispositif consiste en un bloc de 28 parcelles d'une surface utile de 32 m² chacune, soit 4 parcelles pour chacun des 7 cultivars en observation. A Taiwan, CHEN et SUN (9) recommandent un dispositif par blocs de 6 à 10 parcelles d'une surface unitaire de 10 à 20 m², avec un minimum de 3 à 7 répétitions. Il apparaît donc que si la surface unitaire de chacune de nos parcelles est suffisante, le nombre de répétitions est un peu faible, compte tenu de l'hétérogénéité possible du sol et de sa configuration topographique.

L'irrigation est distribuée par aspersion à l'aide d'un réseau mobile qui permet, avec l'aide des brise-vent implantés autour des blocs, une meilleure répartition spatiale de l'eau apportée, en fonction des modifications du régime de vents.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Choix du matériel végétal

Rappelons qu'il comprend 5 genres, 6 espèces et 7 variétés :

- *Panicum maximum* Jacq. var. 5601 (Sotuba) ;
- *Panicum maximum* Jacq. var. K.187b (ORSTOM) ;
- *Pennisetum purpureum* Schumacher (Kisozi) ;
- *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf ;
- *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf ;
- *Andropogon gayanus* Kunth ;
- *Chloris gayana* Kunth.

Les caractères phénologiques de ces graminées sont très différents (3, 42), mais toutes sont originaires de zones climatiques humides, où la pluviométrie annuelle est au moins de l'ordre de 750 à 1 000 mm. Introduites dans ce milieu où le régime des pluies aléatoire est souvent inférieur à 500 mm par an, un apport d'eau est donc d'autant plus indispensable que la pluviométrie est très mal répartie, même pendant la courte saison humide de l'hivernage (juillet à septembre).

2.2. Régime hydrique

L'analyse des principales composantes climatiques et microclimatiques du milieu d'observation a déjà été effectuée dans des études antérieures (6). Rappelons simplement qu'elles ont permis de distinguer plusieurs périodes climatiques influençant le bilan hydrique, et aussi de calculer indirectement les valeurs de l'ETP, par la méthode dite du « bac corrigé » (36) :

$ETP \text{ (mm)} = \alpha E \text{ bac (mm)}$, où α est déterminé empiriquement.

C'est ainsi qu'on a pu adopter les valeurs suivantes pour ce coefficient :

- 0,72 pour la période sèche qui va de décembre à mai ;
- 0,77 en inter-saison (juin, octobre et novembre) ;
- 0,80 en saison humide d'hivernage (juillet à septembre).

Cette méthode est très voisine de celles qu'utilisent d'autres auteurs au Sénégal (10, 12), et les résultats obtenus conformes aux données recueillies pour ces zones. Dans ces conditions, l'ETP annuelle à Sangalkam est estimée entre 1 300 et 1 350 mm. Ces valeurs correspondent tout à fait à celles établies par ELDIN (15) en basse Côte-d'Ivoire, sur culture de *Panicum maximum*. On peut donc supposer à priori que le Cap-Vert est propice à ce type de cultures.

Les variations saisonnières et pluriannuelles de l'ETP sont le plus souvent comprises entre

20 et 35 mm par semaine, les valeurs de 25 à 30 mm étant les plus courantes. Si l'on tient compte de l'apport pluviométrique au cours de ces années d'observation, et d'un « coefficient d'irrigation » de 0,7 (3), on peut voir que les quantités d'eau effectivement reçues par les cultures pendant une année sont très voisines de l'ETP calculée.

2.2.1 Modules d'irrigation

Les apports d'eau à Sangalkam ont donc été appliqués de la façon suivante :

— 28 mm par semaine de juillet à mars inclus ;

— 35 mm d'avril à juin. (L.N.E.R.V.-I.S.R.A., rapport annuel 1979), à raison de 2 arrosages hebdomadaires, sauf pour les sols riches en argiles de certains bas-fonds, dont la rétention en eau est suffisamment forte (Niayes). Ces modules doivent en effet tenir compte des caractéristiques physiques des sols liées à leur rétention en eau et de l'extension du système racinaire des plantes cultivées. Certains auteurs ont également montré que l'importance de la réserve en eau du sol diminue avec l'importance des apports (2), ce qui fait qu'on a tout intérêt à fractionner les quantités distribuées. C'est aussi ce que pense RICHTIE (35), qui montre que les apports modérés en eau dans les régions sèches sont mieux exploités par les racines dans les couches profondes du sol, ce qui se traduit par une meilleure efficacité de son utilisation par les plantes.

Ce régime a été maintenu jusqu'à la fin de la 4^e année (cycle n° 34). Pendant toute la 5^e année (cycles 35 à 42), la dose a été réduite à un seul arrosage par semaine, et une collaboration s'est instaurée avec le service de pédologie de l'ORSTOM, dans le but de préciser la consommation réelle en eau, c'est-à-dire d'estimer l'ETR, chaque fois que les apports en eau sont théoriquement insuffisants pour assurer une croissance optimale.

2.2.2. Bilan hydrique du sol et calcul de l'évapotranspiration

Les profils d'humidité ont été suivis à l'aide d'un humidimètre à neutron, car il était nécessaire d'utiliser une méthode rapide et non destructrice, permettant un nombre de mesures suffisant. L'ETR doit être calculée à partir de ces résultats.

L'ETP est évaluée, comme on le sait, à partir de la formule dite du « bac corrigé » de RIOU (36).

2.3. Production fourragère

2.3.1. Paramètres de croissance

Il s'agit des rapports entre les poids secs des tiges, des feuilles, et l'accroissement des surfaces de ces dernières. Les résultats de ces études, qui sont exposés dans une publication antérieure (6), ont montré que la valeur de ces rapports évolue rapidement puis se stabilise. Ces changements de pente des droites, qui schématisent l'évolution de la valeur de ces rapports, se situent chronologiquement au cours de la 5^e ou 6^e semaine suivant la dernière coupe. Compte tenu de la vitesse saisonnière de croissance, qui varie au cours de l'année, il apparaît donc qu'au bout de ce temps, il n'y a plus intérêt à attendre pour récolter, car l'augmentation de matière sèche est surtout due au développement et à la lignification des tiges.

2.3.2. Production de matière sèche

A chaque cycle d'exploitation, on détermine la valeur de la production sur pied (« standing crop » = SC) en l'exprimant en kg de matière sèche produite par m² de surface cultivée, ce qui permet de calculer la vitesse moyenne journalière de croissance (V_c). Les récoltes sont effectuées à la main, suivant des médianes sur chaque parcelle. Cette méthode est beaucoup plus rapide que la récolte totale de chaque parcelle, et elle a l'avantage de supprimer les effets de bordure. Des mesures comparatives ont montré que les écarts ne dépassent pas 10 p. 100 entre les deux méthodes.

2.4. Rythme et hauteur des coupes

Les observations précédentes nous ont amené à effectuer 8 coupes par an, ce qui fait une durée moyenne de 45 jours par cycle d'exploitation, valeur très proche de celle établie par la méthode des paramètres de croissance (6). Par suite des variations saisonnières de la vitesse de croissance, il est particulièrement important de tenir compte du stade végétatif atteint par la plante au moment de son exploitation. Les observations de PICARD et FILLONNEAU (28) sur *Panicum max.* en basse Côte-d'Ivoire montrent en effet que la repousse est très rapide si les talles sont restées au stade végéta-

tif. Par contre, un pourcentage important de talles montées augmente le temps de latence dans la reprise de la croissance.

En fait, la durée de ces cycles peut varier entre 35 et 60 jours au cours d'une même année. Ces données correspondent d'ailleurs à celles généralement admises en culture fourragère intensive pour ces graminées tropicales à port érigé (18, 19, 20, 48). Par contre, les opinions divergent quelque peu en ce qui concerne le choix d'une hauteur de coupe adéquate. Certains préconisent les coupes basses (5 à 10 cm au-dessus du sol) comme YEPES (48), VASQUEZ *et al.* (43) ou PIMENTEL *et al.* (30). D'autres des coupes plus hautes (15 à 25 cm au-dessus du sol) comme DO CANTO *et al.* (13) ou GOMEZ *et al.* (21). En fait, il n'y a pas de norme universelle, et le choix d'une hauteur de coupe au-dessus du sol dépend beaucoup de l'espèce et du système de production adopté, en particulier de la fréquence des cycles d'exploitation.

Notre choix s'est donc arrêté sur 2 hauteurs de coupe, soit 15-20 cm pour les espèces de fauche à port érigé (type *Pennisetum* ou *Panicum*), et 10 cm pour celles qui sont généralement pâturées (type *Brachiaria*).

2.5. Détermination de l'efficacité de l'utilisation de l'eau

Ces valeurs sont calculées en faisant le rapport entre les valeurs de l'évapotranspiration, cumulée pendant toute la durée de chaque cycle d'exploitation, et de la production sur pied (SC). On l'exprime en nombre de litres d'eau théoriquement nécessaires pour élaborer 1 kg de matière sèche (E).

Au cours des 4 premières années d'exploitation, où les apports en eau ont été suffisants pour maintenir le sol au voisinage de sa rétention optimale, on prend les valeurs de l'ETP calculées à partir des données du bac (« bac corrigé »). Pour la 5^e année, au cours de laquelle l'arrosage a été réduit, on calcule les valeurs de l'ETR à partir des profils d'humidité déterminés à l'humidimètre à neutrons.

2.6. Fertilisation minérale

Avant la mise en place de cet essai, la fertilisation minérale à Sangalkam était appliquée suivant la formule 50-35-50, exprimant respectivement le nombre d'unités d'azote, d'acide

phosphorique et de potasse apportées à la culture après chaque cycle d'exploitation. Cette formule a été utilisée au cours de la première année d'exploitation, soit jusqu'au cycle 10 inclus. Puis elle a été portée à 75-50-75, l'analyse minérale ayant déterminé que les apports précédents ne compensaient pas les exportations. ROBERGE (37) montre en effet en moyenne Côte-d'Ivoire qu'une culture de *Panicum max.* (K.187b) produisant annuellement 32 t de M.S./ha exporte respectivement 500, 150 et 700 unités d'azote, P_2O_5 et K_2O . A Sangalkam, on trouve des valeurs très proches de ces dernières : le K.187b, pour une production annuelle en M.S. de 50 t/ha exporte environ 600 unités d'azote, 130 de P_2O_5 et 1 165 de K_2O (4). La formule 75-50-75 a donc été maintenue jusqu'au cycle n° 20 inclus, puisqu'elle correspond à des doses en général appliquées en culture fourragère intensive (29). L'importance de la fumure azotée étant reconnue par la plupart des auteurs (11, 38, 39, 45), et pour maintenir la production à un niveau le plus élevé possible, nous avons doublé la dose d'azote à partir du cycle n° 21, ce qui a donc porté la formule à 150-50-75 unités, ceci jusqu'à la fin des observations (cycle n° 42).

3. RÉSULTATS

3.1. Bilan hydrique et consommation d'eau

Théoriquement, les quantités d'eau apportées au sol sont suffisantes, compte tenu des modules d'irrigation (2 arrosages hebdomadaires) et de l'apport pluviométrique, pour maintenir le profil cultural au voisinage de sa capacité de rétention (6). L'examen comparé des quantités d'eau apportées et perdues par évaporation montre bien, pendant toute l'année, que les premières sont toujours supérieures aux secondes, à partir du moment où l'exhaure peut être assurée régulièrement. Dans ces conditions, l'humidité du sol dans la zone racinaire est le plus souvent au voisinage de sa rétention optimale, comme il a pu être constaté par mesures à l'humidimètre à neutrons (5). La consommation en eau des cultures peut donc être évaluée indirectement sur la base des valeurs journalières de l'ETP, avec des risques d'erreur suffisamment faibles, tout au moins à l'échelle de la durée de chaque cycle d'exploitation (intervalle de temps entre deux coupes consécutives).

3.1.1. Valeurs de l'ETP

Dans les conditions de Sangalkam, il existe une variation saisonnière de ces valeurs, qui peut s'échelonner entre 2,5 et 4,5 mm par jour. Cependant, elles sont la plupart du temps voisines de 3,5 mm, et cette valeur moyenne peut être considérée comme la plus valable pour cette zone climatique. Néanmoins, il existe une disparité saisonnière très nette dans le rapport qui peut exister entre les apports d'eau et les quantités théoriquement utilisées (ETP calculée). Ceci est surtout dû au fait que les apports pluviométriques sont irréguliers et aléatoires. A ce facteur d'hétérogénéité, s'ajoute celui de la répartition de l'eau d'arrosage sur la sole culturale. Si les quantités apportées sont globalement suffisantes pour assurer une croissance optimale, la répartition spatiale peut être irrégulière d'un point à un autre de l'aire cultivée. Dans ce but, une expérimentation a été entreprise à partir de 1979, en collaboration avec le service de pédologie de l'O.R.S.T.O.M.-DAKAR, afin de mesurer par des méthodes directes la consommation réelle d'eau par ces cultures, en fait d'estimer l'ETR (5).

3.1.2. Valeurs de l'ETR

Les profils d'humidité, déterminés dans la zone racinaire (0 à 60 cm de profondeur), ont tout d'abord montré que la marge d'eau utile était le plus souvent voisine de la rétention optimale, exception faite de la couche la plus superficielle (0 à 5 cm). C'est pourquoi l'arrosage a été réduit à partir du cycle n° 35, soit au début d'avril 1980. Les résultats obtenus, et dont le calcul est en cours, seront publiés ultérieurement. Néanmoins, à partir des sondages de contrôle, effectués par prélèvement de sol à la tarière hélicoïdale dans ces horizons, on peut approximativement évaluer l'ETR, à partir d'une relation empirique due à EAGLEMAN (14). Cet auteur calcule en effet les rapports ETR/ETP en faisant intervenir divers paramètres exprimant les quantités d'eau réelles de la couche de sol considérée (stocks d'eau réels, au point de flétrissement permanent et à la capacité de rétention, eau disponible et marge maximale utilisable). Bien que des calculs précis n'aient pu être faits dans ce sens — car il est nécessaire de corriger les résultats obtenus en introduisant des « coefficients de réglage » déterminés en fonction de l'importance du couvert végétal —, nous avons estimé un rapport $ETR/ETP = 0,75$. Il est d'ailleurs probable

que la valeur de l'ETR, calculée de cette façon, soit plutôt surestimée, surtout pendant la période qui précède immédiatement l'arrosage suivant, donc en fin de cycle d'apport en eau. Les valeurs de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (E) ont donc été calculées, pour les cycles n°s 35 à 42 inclus, à partir de ces valeurs approximatives de l'ETR. Bien entendu, ces données seront corrigées à leur juste valeur, dès que les calculs réels auront pu être effectués à partir des profils enregistrés sur le terrain. Les données n'ont donc qu'une valeur indicative et provisoire.

3.2. Croissance et productivité saisonnières

La conduite de cultures fourragères suivant un mode intensif implique l'élaboration et la mise en œuvre d'une technologie d'exploitation qui puisse se substituer à des pratiques trop souvent vouées à l'empirisme. En particulier, l'adoption d'un rythme d'exploitation rationnel répond à cette dernière préoccupation.

3.2.1. Paramètres de croissance : valeur et utilité

Une étude analogue a déjà été effectuée antérieurement (6). Il apparaît que le rapport entre le poids sec des feuilles et des tiges (f/t) semble être un des meilleurs indices des divers stades de la croissance végétative des herbacées. Il a aussi l'avantage d'être d'une réalisation facile, simple et rapide. En outre, comme il sera établi dans une seconde partie de ce travail (*), il peut être un indicateur très valable de la qualité des fourrages produits (38, 39). Sa valeur, pour déterminer les meilleurs moments d'exploitation de ces graminées, est donc incontestable. Les graphiques de la figure n° 1 représentent l'évolution des valeurs moyennes de ce rapport pour 3 cultivars pris comme exemple, au cours des périodes de croissance lente (trait continu) et rapide (trait discontinu), en fonction du temps.

Comme il a déjà été établi (6), il existe deux phases distinctes dans cette évolution, caractérisées par deux droites de pente différente. Leur point de rupture intervient en général entre la fin des 5^e et 6^e semaines après la dernière

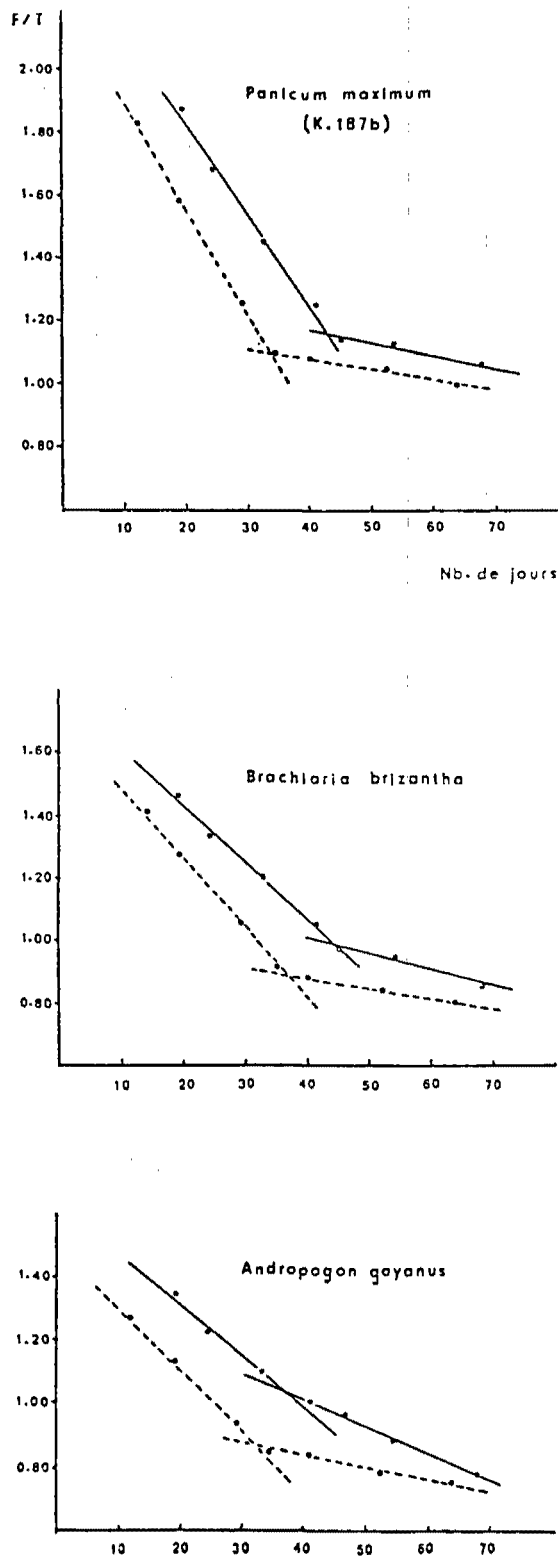


Fig. 1. — Evolution chronologique de la valeur du rapport entre les poids secs des feuilles et des tiges (f/t) chez 3 graminées fourragères cultivées à Sangalkam.
— Période de croissance lente.
-- Période de croissance rapide.

(*) II. Variations de leur valeur fourragère en fonction du rythme d'exploitation et de la fumure minérale. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1985, 38 (4) : 339-352.

coupe, ce temps variant avec l'espèce et surtout avec la vitesse de croissance. Entre ces deux limites, les valeurs de (f/t) sont, dans la majorité des cas, proches de l'unité. Cependant, certains cultivars issus de sélections possèdent des valeurs sensiblement supérieures. C'est le cas de certains *Panicum maximum* comme le K.187b.

L'établissement des valeurs du rapport (f/t) a donc une double utilité : il peut être utilisé pour la sélection des lignées à plus faibles proportions de tiges, et un indice des stades de développement présente un compromis valable entre une haute productivité et une qualité nutritive satisfaisante, répondant aux besoins d'un élevage à caractère intensif.

Ces années d'observations ont permis en outre de définir, dans les conditions de Sangalkam, une durée des cycles d'exploitation d'une valeur moyenne de 45 jours, et dont les marges saisonnières de variabilité sont représentées par la figure n° 2. Elles se situent le plus souvent entre 5 et 8 semaines, et sont valables pour les 7 cultivars observés. Cependant, il est probable

que ces durées puissent varier avec les espèces cultivées et le mode d'exploitation appliqué. C'est ainsi que PIOT et RIPPSTEIN (31) préconisent, pour *Brachiaria brizantha* cultivé au Nord Cameroun, des cycles de 20 à 30 jours en pâture et de 60 à 80 jours pour l'ensilage. Il est en effet couramment admis qu'un fourrage destiné à la consommation en vert doit être récolté beaucoup plus tôt que s'il est destiné au stockage sous forme de foin ou d'ensilage.

L'indice de surface foliaire (LAI), qui exprime la surface simple du feuillage développée par unité de surface cultivée, est étroitement lié aux possibilités productrices d'une espèce déterminée. D'autre part, les espèces ou lignées à LAI élevés, ont en général une repousse rapide après exploitation, couvrent bien le sol et ne sont pas ou peu envahies par les adventices concurrentielles. L'étude de l'évolution des valeurs de ce paramètre après exploitation est donc très importante pour guider le choix d'un matériel végétal dont la culture ne nécessite que très peu d'entretien.

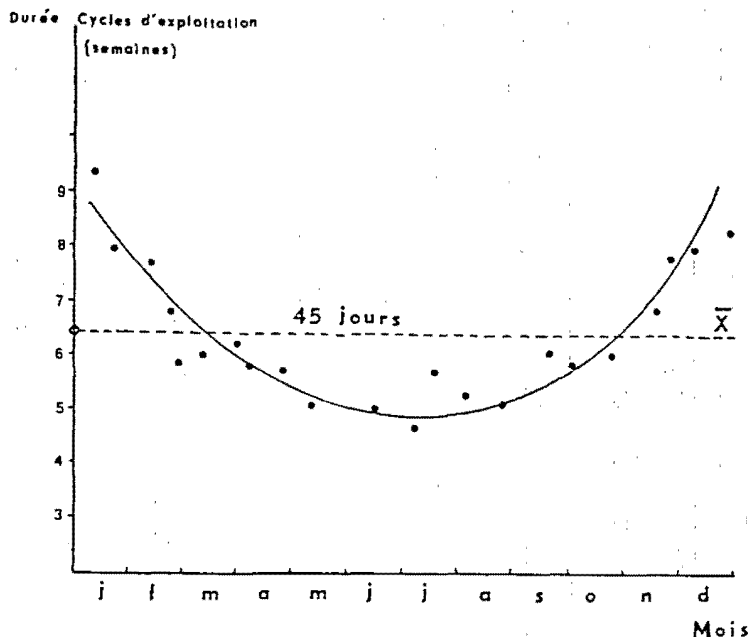


Fig. 2. — Evolution saisonnière des valeurs de la durée d'exploitation (intervalle de temps entre 2 coupes consécutives) au cours d'une année, chez des graminées cultivées à Sangalkam sous irrigation.

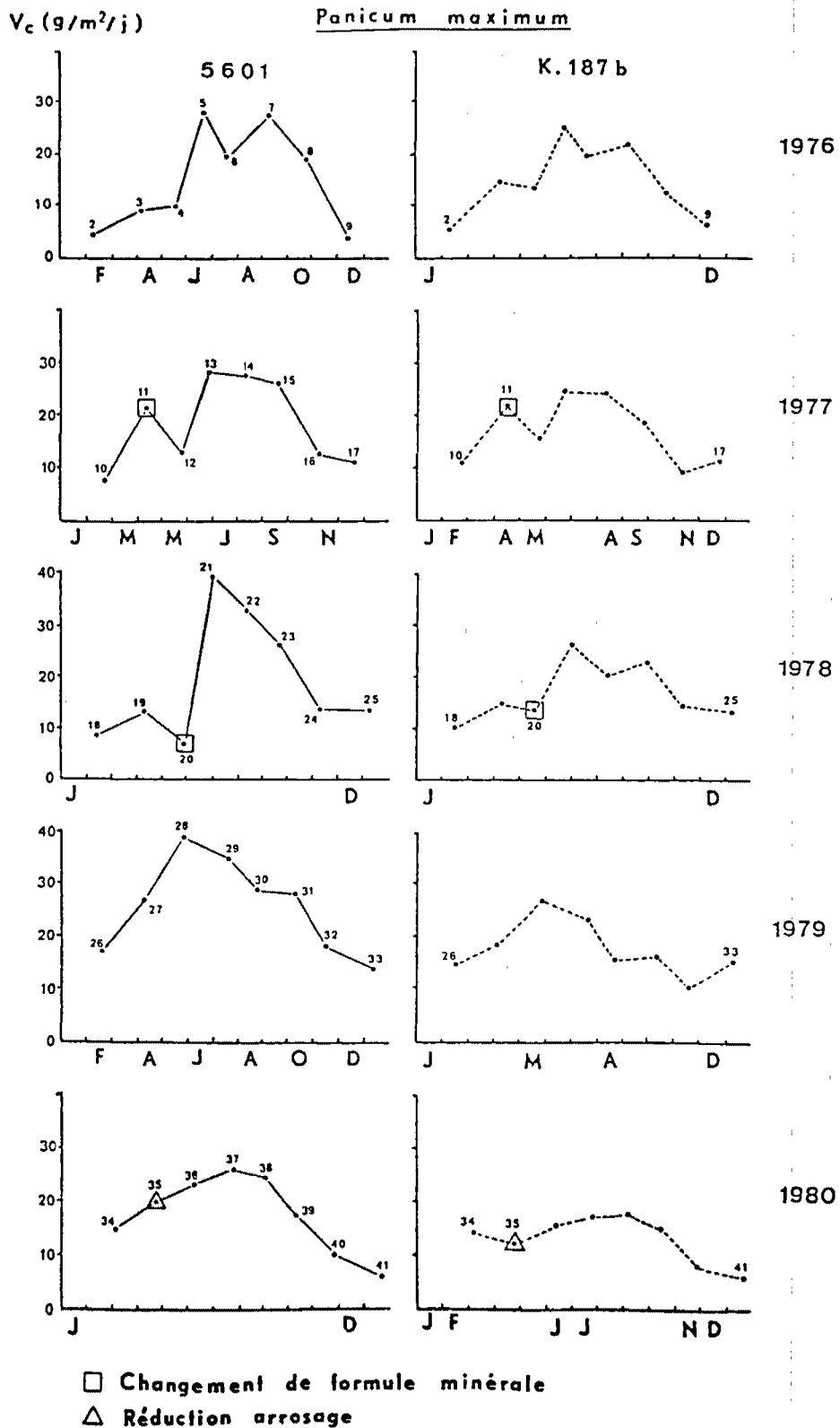


Fig. 3. — Evolution saisonnière et pluriannuelle de la vitesse de croissance chez 2 *Panicum maximum* cultivés à Sangalkam sous irrigation.

3.2.2. Vitesse de croissance et production sur pied

La vitesse de croissance (V_c), obéit, pour toutes ces graminées, à un rythme saisonnier très net, plus ou moins marqué suivant les cultivars, mais qui montre qu'il est possible de les exploiter suivant un mode intensif de 8 cycles par an, dans les conditions de Sangalkam. Les graphiques des figures n°s 3 et 4 représentent l'évolution des valeurs de (V_c), exprimées en g de matière sèche/m² de surface cultivée par jour, pour 2 *Panicum maximum* et 2 *Brachiaria*, qui figurent parmi les lignées présentant les plus hauts niveaux productifs et les réponses les plus nettes à la fumure minérale. On constate des différences assez nettes dans le comportement interspécifique ou intervariétal : pour les *Panicum max.*, la croissance des K.187b est moins élevée que celle des 5601, mais plus régulièrement répartie pendant l'année. Chez les 5601, on assiste à une très forte activité de croissance pendant les périodes chaudes et humides (hivernage). Cette grande activité végétative s'accompagne d'une forte croissance des tiges, et il est alors probable que les valeurs du rapport (f/t) s'abaissent corrélativement, beaucoup plus que chez les clones à croissance plus lente. MONZOTE *et al.*, (26) font des observations analogues à Cuba sur 13 clones de *Panicum max.*, et constatent que les variétés géantes, très érigées, ont la plus forte production de matière sèche, mais aussi les plus grandes variations saisonnières entre périodes normalement sèches et humides. En revanche, les variétés de taille plus réduite ont des productions plus faibles, mais une meilleure répartition saisonnière et un rapport (f/t) plus élevé. Dans les zones soumises à un régime thermique bien tranché, YASUE *et al.* (46) observent également sur *Pennisetum purpureum* une production sensible aux fluctuations saisonnières, et en corrélation hautement positive avec la moyenne journalière des températures.

Il s'avère donc une fois de plus que le choix des lignées est fondamental et doit répondre à la forme donnée à l'élevage et aux besoins saisonniers qui en découlent.

La productivité en matière sèche peut donc varier nettement avec les espèces utilisées et le mode d'exploitation appliqué. Les résultats obtenus pour l'ensemble des 5 années consécutives d'observations sont synthétisés dans le tableau n° I, où sont portées les valeurs de la production sur pied (SC), de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (E) et de l'indice de surface

foliaire (LAI). Ils ont été groupés saisonnièrement en quatre périodes :

— période (a), de mars à juin, normalement sèche, avec des températures moyennes diurnes de 22 à 29 °C, nocturnes de 20 à 26 °C ;

— période (b), de juin à août, chaude et humide, avec des moyennes thermiques respectives de 26 à 29 °C et 24 à 26,5 °C ;

— période (c), de septembre à novembre, chaude et humide, puis évoluant vers la transition avec la saison normalement sèche (nov.), avec des moyennes diurnes les plus élevées de l'année (27 à 30 °C) et nocturnes de 22 à 27 °C ;

— période (d), normalement sèche et fraîche (20 à 26 °C le jour et 16 à 22 °C la nuit).

En général, la production de matière sèche est très élevée pour ces 7 graminées, tout au moins dans les conditions de ces observations. Elle est la plus forte pour les *Panicum max.* et *Brachiaria mutica*, et les données recueillies sont pratiquement deux fois plus élevées que celles obtenues dans les champs d'exploitation. Ceci n'a rien d'étonnant quand on considère les soins beaucoup plus attentifs qui peuvent être apportés aux parcelles expérimentales (apports d'eau mieux répartis, épandages d'engrais plus soignés, adventices mieux éliminées, calendrier des récoltes mieux observé...). Certains auteurs obtiennent en effet des chiffres de production très comparables aux nôtres : ELDIN (15) signale pour *Panicum max.* en basse Côte-d'Ivoire 44 t/ha/an. En Arabie Saoudite, FARNWORTH et RUXTON (16) donnent des chiffres très identiques pour *Chloris gayana* cultivé sous irrigation, tandis qu'HOSHINO *et al.* (25) montrent qu'en Thaïlande, on peut obtenir 70 à 75 t/ha/an avec *Panicum max.* et *Pennisetum purpureum* fortement fertilisés en N-P-K, et 50 t/ha/an pour *Brachiaria brizantha*. Ces chiffres sont d'ailleurs confirmés par FERRARIS (17) en Australie, qui signale que *Pennisetum purp.* est capable de dépasser largement 50 t/ha/an, si ces cultures sont fortement fumées en azote et exploitées suivant un rythme de coupes suffisamment fréquent.

L'action de la fumure minérale, azotée en particulier, est donc fondamentale, surtout dans des sols le plus souvent déficients en N. WIGHT (44) montre en effet que, dans ce cas, les apports d'azote peuvent augmenter la production fourragère de 50 à 100 p. 100 et par conséquent l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Les graphiques des figures n°s 5 et 6 illustrent bien cet effet, qui est le plus net chez les espèces à fortes potentialités productives (*Panicum*

$V_c (g/m^2/j)$

Brachiaria

Fig. 4

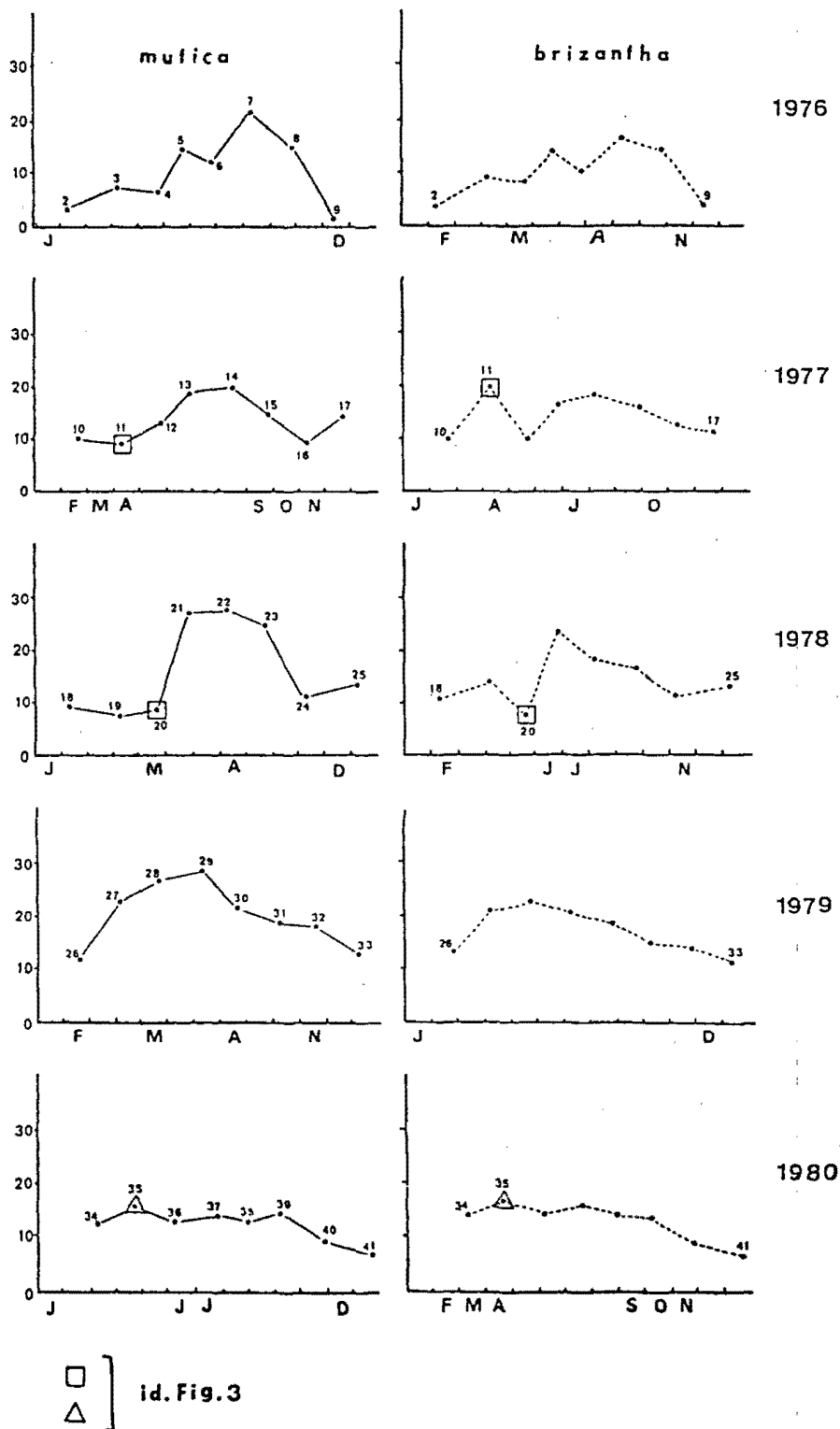
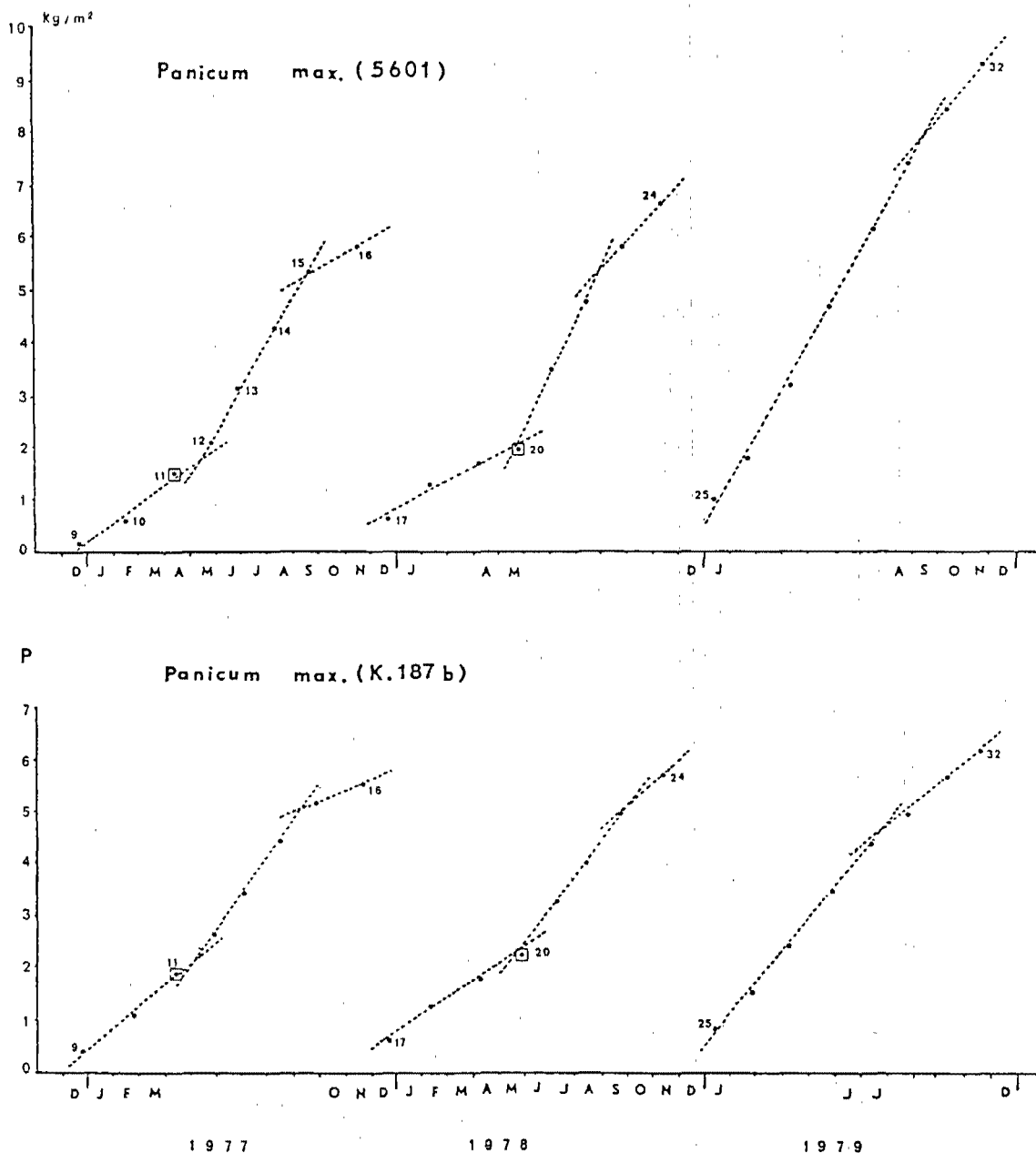


Fig. 4. — Evolution saisonnière et pluriannuelle de la vitesse de croissance chez 2 *Brachiaria*.

max. et *Brachiaria mutica*). On peut également constater que la fumure azotée tend à régulariser la répartition saisonnière de la production fourragère. A l'examen du tableau n° I, on constate que cet effet est particulièrement marquant au cours de la période normalement sèche (a + b) à basses moyennes thermiques, et qui est caractérisée par les taux de croissance les plus bas de l'année. Mais cet effet est plus

ou moins marqué suivant les espèces. PRA-SAD et MUKERJI (33) en Inde, dans une zone soumise au régime de la mousson, constatent également que l'azote appliqué en culture fourragère irriguée agit en toute saison sur *Panicum max.* et *Brachiaria brizantha*, mais seulement pendant la saison d'hiver sur *Andropogon gayanus*. Dans les conditions de nos observations, cet effet est particulièrement



P = Kg. de mat. sèche/m² de surface cult. (Standing crop)

□ Modification de la formule minérale

Fig. 5. — Effets cumulatifs de la fumure minérale sur la production en matière sèche de 2 *Panicum maximum* cultivés à Sangalkam sous irrigation.

TABL. N° I - Récapitulations saisonnières et annuelles des valeurs de la production sur pied (SC), de l'efficacité de l'alimentation en eau (E) et de l'indice de surface foliaire (LAI)

n° cycle Date		3 à 10 19/3/76 à 17/3/77			11 à 18 18/3/77 à 15/3/78			19 à 26 16/3/78 à 26/3/79			27 à 34 27/3/79 à 1/4/80			35 à 42 2/4/80 à 31/3/81		
Périodes de l'année Nb de jours		a + b (208 j)	b + c (156 j)	a+b+c+d (364 j)	a + b (206 j)	b + c (157 j)	a+b+c+d (363 j)	a + b (203 j)	b + c (173 j)	a+b+c+d (376 j)	a + b (198 j)	b + c (173 j)	a+b+c+d (371 j)	a + b (190 j)	b + c (174 j)	a+b+c+d (364 j)
<i>Panicum</i>	SC	1 400	3 630	5 030	2 575	3 735	6 310	2 630	4 590	7 220	4 400	4 690	9 090	2 620	3 275	5 815
<i>maximum</i>	E	492	163	255	276	177	217	269	140	187	166	144	154	201	175	187
(5601)	LAI	2.75	7.08	4.92	5.18	7.31	6.25	5.30	9.27	7.30	8.96	9.48	9.22	5.32	6.62	5.97
<i>Panicum</i>	SC	2 205	2 995	5 200	2 785	2 900	5 685	2 550	3 295	5 845	3 575	2 650	6 225	1 905	2 445	4 350
<i>maximum</i>	E	312	198	246	255	228	241	277	195	231	204	255	226	277	235	253
(K.187b)	LAI	5.43	7.51	6.48	6.76	7.07	6.91	6.71	8.66	7.69	9.41	6.97	8.19	5.03	6.43	5.73
<i>Brachiaria</i>	SC	1 270	2 455	3 725	2 270	2 400	4 640	2 210	3 630	5 840	3 495	3 655	7 150	1 970	2 140	4 110
<i>mutica</i>	E	542	241	344	313	275	293	320	177	231	208	185	196	268	268	268
	LAI	3.42	6.60	5.01	6.11	6.45	6.28	6.01	9.87	7.94	9.51	9.93	9.73	5.38	5.81	5.60
<i>Brachiaria</i>	SC	1 515	2 170	3 685	2 550	2 395	4 945	2 360	2 820	5 180	3 180	2 950	6 130	2 095	2 245	4 340
<i>brizantha</i>	E	454	273	348	278	276	277	300	228	260	229	229	229	252	255	254
	LAI	3.51	5.06	4.29	5.95	5.60	5.78	5.54	6.63	6.09	7.46	6.91	7.19	4.92	5.25	5.09
<i>Andropogon</i>	SC	1 685	2 575	4 260	2 460	2 230	4 690	1 980	2 410	4 390	2 725	2 455	5 180	1 500	1 865	3 365
<i>gayanus</i>	E	408	230	301	289	296	292	357	266	307	267	275	271	352	308	327
	LAI	4.65	5.71	4.92	5.48	4.95	5.22	4.35	5.32	4.84	6.02	5.53	5.78	3.33	4.13	3.73
<i>Pennisetum</i>	SC	1 765	2 770	4 535	2 510	2 170	4 680	2 060	2 625	4 685	2 700	2 150	4 850	1 560	1 535	3 095
<i>purpureum</i>	E	390	214	282	283	304	293	343	244	288	270	314	289	338	374	356
(Kisozi)	LAI	4.00	6.29	5.15	6.67	4.63	5.15	4.61	5.89	5.25	6.09	4.81	5.44	3.49	3.44	3.47
<i>Chloris</i>	SC	1 450	2 635	4 085	2 505	2 640	5 145	1 925	2 515	4 440	2 560	2 130	4 690	1 340	1 245	2 585
<i>gayana</i>	E	475	225	314	283	250	266	367	255	304	285	317	299	394	461	426
	LAI	3.59	6.53	5.06	6.17	6.52	6.35	4.82	6.17	5.50	6.26	5.21	5.74	3.26	3.03	3.15

SC = Matière sèche produite en kg par m² de surface de sol cultivé (kg/m²)

E = Nombre de litres d'eau théoriquement nécessaires pour élaborer 1 kg de matière sèche (l/kg)

LAI = Surface de feuillage développée par m² de surface de sol cultivé (m² f/m² s)

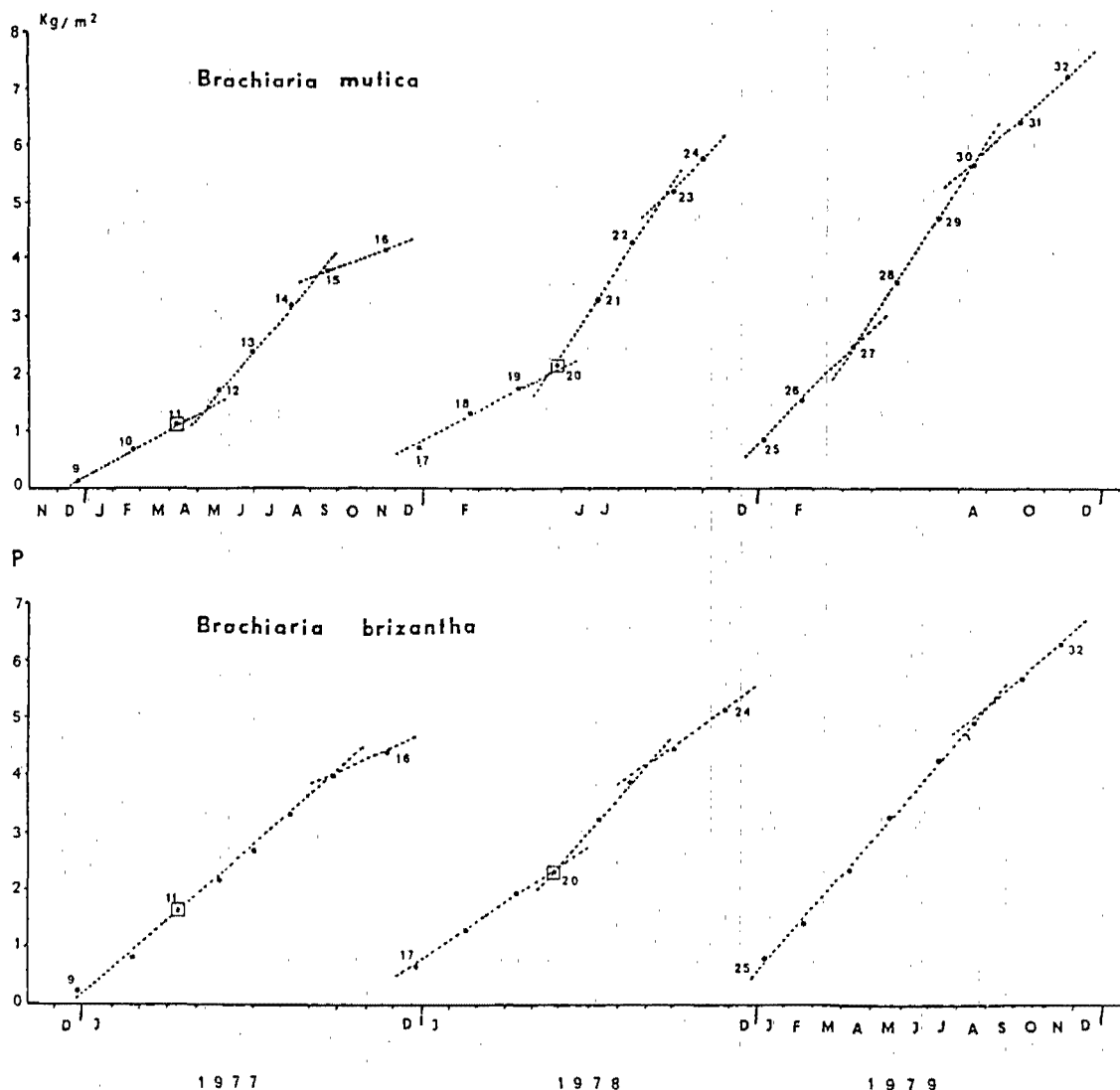


Fig. 6. — Effets cumulatifs de la fumure minérale sur la production en matière sèche de 2 *Brachiaria*.

marqué chez *Panicum max.* (5601) et *Brachiaria mutica*. Ce dernier cultivar est en effet reconnu comme répondant particulièrement bien à la fumure azotée. A Taiwan, YEH (47) donne une élévation des rendements de 45 à 60 p. 100 la 1^{re} année et de 65 à 90 p. 100 la 2^e année, après application de fortes doses de fumure azotée.

Une fumure minérale suffisante et bien équilibrée a donc pour effet non seulement d'élever la production de matière sèche consommable, mais d'en régulariser la répartition au cours de l'année. D'autre part, elle permet de maintenir la production pendant plusieurs années consécutives, en dépit de la fréquence des cycles d'exploitation. En général, après 2 ou 3 années

d'exploitation intensive, on observe en effet un fléchissement de la production, que l'on peut stopper en élevant les doses d'azote apportées. C'est ce que nous avons fait à partir du cycle n° 21.

Ces résultats montrent également l'étroite relation qui existe entre l'alimentation en eau et en azote, facteurs essentiels de la production fourragère. Celle-ci a également été soulignée par de nombreux auteurs : WIGHT et BLACK (45) observent sur des prairies de la région de Sydney que l'action de la fumure azotée dépend étroitement de l'alimentation en eau. En années sèches, son effet se traduit par une augmentation des rendements de 32 p. 100 de matière sèche, alors qu'elle atteint 218 p. 100 en années

humides. A Cuba, HERRERA *et al.* (24) observent également sur *Panicum max.* des augmentations très significatives de la production en matière sèche par application de N-P-K en saison humide, mais pas en saison sèche. Des observations identiques ont également été faites sur d'autres espèces, par de nombreux auteurs.

La diminution des apports d'eau dès la 5^e année se répercute donc sur la production comme on pouvait s'y attendre. Mais cette chute est plus ou moins accentuée suivant les espèces. Dans le tableau II, ont été portées les variations des productions sur pied d'une année à l'autre, en fonction des différences apportées dans la technologie d'exploitation. On peut constater que les *Panicum max.* (K.187b) et les *Brachiaria brizantha* ont une meilleure aptitude à supporter un certain degré de déficience en eau. *Brachiaria mutica*, par contre, semble le moins bien supporter cette déficience relative. Ce fait a déjà été signalé par certains auteurs, et notamment SUAREZ (41) à Cuba, qui établit la bonne aptitude des *Panicum max.* à supporter un certain degré de sécheresse.

3.3. Efficience de l'utilisation de l'eau

3.3.1. Les valeurs saisonnières et pluriannuelles de (E)

Elles sont exprimées en nombre de litres d'eau théoriquement nécessaires pour élaborer 1 kg de matière sèche et figurent également dans le tableau n° I. Toutes les espèces fourragères utilisées sont de très bonnes utilisatrices de l'eau, comme toutes ces herbacées tropicales « en C₄ ». D'une année à l'autre, et quelles que soient les conditions culturales, les valeurs de (E), en moyenne annuelle, s'élèvent rarement au-dessus de 350 l/kg. L'examen des valeurs au cours des diverses périodes de l'année montre toutefois des différences très nettes entre les périodes (a + d) et (b + c), au cours de la 1^{re} année d'exploitation, notamment chez *Panicum max.* (5601) et *Brachiaria mutica*, et qui sont d'ailleurs corrélatives de celles des productions de matière sèche. Les valeurs élevées de (E) au cours de la période de plus faible croissance (a + d), qui atteignent en valeur moyenne 450 à 550 l/kg, suggèrent que l'apport d'eau, étant donné son prix de revient (7), n'est pas rentable au cours de cette période pour l'ensemble des espèces cultivées. Il était nécessaire de modifier la technologie d'exploitation,

pour essayer d'améliorer la productivité et l'efficience de l'utilisation de l'eau, en régularisant la répartition saisonnière des productions fourragères tout au long d'une année.

3.3.2. Influence de la technologie d'exploitation

L'exploitation fourragère ayant été fixée à 8 cycles annuels, l'action de la fumure minérale a été examinée par modification des formules d'apport comme il a été défini précédemment.

Le passage de la formule 50-35-50 à 75-50-75 dès le cycle n° 11, c'est-à-dire en seconde année de production, augmente globalement la production annuelle, ce qui se répercute par une amélioration des valeurs de (E). L'examen des données du tableau n° I montre que cela est essentiellement dû à une forte élévation de l'activité de croissance pendant la période normalement sèche (a + d), et qui se caractérise en outre par les moyennes thermiques les plus basses de l'année. L'action des engrais minéraux se traduit en conséquence par une meilleure utilisation de l'eau qui se confirme en 3^e année de production, et qui correspond en général à une baisse en conditions normales d'exploitation. On constate alors que les valeurs de (E) sont presque toujours inférieures à 300 l/kg.

L'augmentation des doses d'azote au cours de la 3^e année d'exploitation se traduit encore par un net abaissement des valeurs de (E). Ceci est particulièrement marqué chez *Panicum max.* (5601) et *Brachiaria mutica* où les valeurs de (E) s'abaissent au-dessous de 200 l/kg. L'application de telles doses de fumure minérale ne peut donc être envisagée que sur les cultivars particulièrement aptes à réagir, étant donné le coût élevé de ces apports. Certains auteurs pensent que cette meilleure réaction aux effets de l'azote est surtout due à la rapidité de la reprise et à l'augmentation des vitesses de croissance après exploitation (1). C'est le cas pour certains clones de *Panicum max.* et pour *Brachiaria mutica*. HAY (23) ainsi que POWER (32) pensent que l'azote augmente beaucoup la croissance et l'extension du système racinaire en profondeur, d'où une meilleure utilisation de l'eau des couches sous-jacentes du sol.

Quelle qu'en puisse être la cause, tout s'accorde donc pour désigner les *Panicum max.* et *Brachiaria mutica* comme les meilleurs utilisateurs de la fertilisation minérale azotée. Par

TABL. N° II - Variations de la production sur pied (kg de M.S./m²) d'une année à l'autre en fonction de la technologie d'exploitation

Arrosage optimal						Réduction arrosage		
n° du cycle	1ère	2e année	2e	3e année	3e	4e année	4e	5e année
	3e-10e	11e-18e cycle	11e-18e	19e-26e cycle	19e-26e	27e-34e cycle	27e-34e	35e-42e cycle
	Différence (1) p.100		Différence (1) p.100		Différence (1) p.100		Différence (1) p.100	
<i>Panicum maximum</i> (5601)	+ 1,280	25,5	+ 0,910	14,2	+ 1,870	25,9	- 3,195	35,2
<i>Panicum maximum</i> (K. 187b)	+ 0,485	9,3	+ 0,160	2,8	+ 0,380	6,5	- 1,875	30,1
<i>Brachiaria mutica</i>	+ 0.945	25,4	+ 1,170	25,1	+ 1,310	22,4	- 3.040	42,5
<i>Brachiaria brizantha</i>	+ 1.260	34,2	+ 0.235	4,8	+ 0,950	18,3	- 1,790	29,2
<i>Andropogon gayanus</i>	+ 0.430	10,1	+ 0.300	6,4	+ 0,790	18,0	- 1,815	35,0
<i>Pennisetum purpureum</i> (Kisozi)	+ 0.145	3,2	0	0	+ 0,165	3,5	- 1,715	36,2
<i>Chloris gayana</i>	+ 1,060	26,0	- 0,705	13,7	+ 0,250	5,6	- 2,105	44,9
1ère année 2e année 3e année 5e année								
N-P-K : 50-35-50 75-50-75 150-50-75								

(1) Dans la production annuelle sur pied (SC) en kg de matière sèche par m² de surface de sol cultivé (kg/m)

contre, on remarque que ces effets sont les plus faibles sur *Andropogon gayanus*, fait déjà observé par d'autres auteurs, notamment HAGGAR (22) au Nigeria, PRASAD et MUKERJI (33) en Inde et ROBERGE en Côte-d'Ivoire (37).

L'action optimale des engrais minéraux étant conditionnée par une alimentation en eau suffisante, une approche d'étude de l'action conjuguée de ces 2 facteurs a été tentée pendant toute la 5^e année d'exploitation. Tout en maintenant la formule minérale à 150-50-75, les apports d'eau ont été diminués dès le cycle n° 35, jusqu'au cycle n° 42 inclus. Comme on pouvait s'y attendre, cela entraîne une chute très nette des productions chez tous les cultivars observés (v. tableaux I et II). En fixant arbitrairement la valeur de l'ETR à 75 p. 100 de celle des ETP, on peut constater que les valeurs de (E) ne s'élèvent qu'assez peu, tout au moins pour les *Panicum max.* et les *Brachiaria*, où elles restent inférieures à 300 l/kg. Si ces chiffres se confirment après établissement des valeurs réelles de l'ETR, ceci montrera l'excellente aptitude de ces cultivars à utiliser l'eau en période de pénurie relative. L'étroite relation qui lie l'utilisation de l'eau à celle des éléments minéraux, de l'azote en particulier, pourra vraisemblablement être mise en évidence d'une façon plus nette lorsque seront connues les valeurs réelles de l'ETR au cours de cette année de diminution des apports d'eau. Cela permettra sans doute d'adopter une stratégie d'utilisation de l'eau et des engrais minéraux visant à abaisser les prix de revient du fourrage obtenu.

DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSIONS

Avec le choix du matériel végétal, les conditions matérielles d'exploitation constituent les facteurs déterminants pour une production fourragère intensive. Si l'on admet qu'une alimentation en eau suffisante en est la base essentielle, il n'en est pas moins vrai que l'application de certaines techniques culturales est indispensable si l'on veut maximiser la production sur pied et l'efficacité de l'utilisation de l'eau apportée. Parmi celles-ci, les apports d'engrais minéraux et le rythme de l'exploitation se révèlent de toute première importance. Le but du présent travail a été de contribuer à rationaliser des pratiques encore trop vouées à l'empirisme.

Dans les conditions de nos observations, tous les genres, espèces et variétés examinés sont intéressants, même si l'on ne peut assurer une alimentation en eau et une technologie d'exploitation suffisantes pour permettre une croissance optimale. Dans les conditions de Sangalkam, la production annuelle ne s'abaisse qu'exceptionnellement au-dessous de 3,5 kg de matière sèche par m² de surface cultivée, ce qui fait que la valeur calculée de l'efficacité de l'utilisation de l'eau est le plus souvent inférieure à 350 l d'eau par kg de matière sèche élaborée. Dans ces conditions expérimentales, la supériorité du comportement de certaines lignées de *Panicum maximum* a pu être constatée, puisque leur production annuelle de matière sèche n'a pratiquement jamais été inférieure à 4,5 kg/m² de surface cultivée, avec une efficacité de l'utilisation de l'eau voisine ou inférieure à 250 l/kg. Ces résultats confirment donc l'intérêt des *Panicum max.* pour l'intensification des productions fourragères (27).

L'action d'une fumure minérale dont la formule a été uniquement conçue pour la production fourragère est spectaculaire, particulièrement chez les cultivars à croissance élevée et à fortes potentialités productives, comme certains *Panicum maximum*. L'action de l'azote semble alors prépondérante et se manifeste particulièrement au cours des périodes où la croissance est normalement ralentie. Il a donc été possible d'enregistrer des augmentations globales annuelles d'environ 25 p. 100, ceci pendant 3 années consécutives, en élevant la formule minérale en N-P-K respectivement de 50-35-50 à 75-50-75, puis à 150-50-75 unités. Dans certains cas, et notamment chez *Panicum max.* (5601) et *Brachiaria mutica*, la production sur pied a pratiquement doublé pendant la période normale de basse productivité (décembre à avril). Corrélativement, on obtient une nette amélioration des valeurs de l'efficacité de l'alimentation en eau (E). Certains auteurs ont constaté le même effet chez *Pennisetum purpureum*, mais dans des zones tropicales humides où les conditions écologiques sont nettement différentes des nôtres.

Les résultats obtenus au cours de ces 5 années d'observations montrent donc que le choix des cultivars est important si l'on veut rentabiliser les apports coûteux : l'eau et les engrais minéraux. Si ce choix est bon, les apports d'azote en particulier élèvent spectaculairement la production fourragère sur pied, mais aussi ils en régularisent la répartition sai-

sonnière au cours de l'année. Ceci est fondamental dans le cas d'un élevage intensif ayant pour but la production laitière. On sait en effet que l'incorporation de fourrage frais aux rations est indispensable pour le maintien de la lactation chez les bovins.

La diminution des apports d'eau se répercute nettement sur la production fourragère, et il est probable que le maintien d'une forte fumure minérale ne soit plus utile dans ce cas. Cependant, la sensibilité des diverses lignées observées y est plus ou moins grande. Chez les *Panicum. max.*, par exemple, les 5601 apparaissent un peu plus sensibles que les K.187b, les taux de réduction annuels de la production sur pied étant respectivement de 35 et 30 p. 100. Chez les *Brachiaria*, ce phénomène est plus net : la réduction est de 42,5 p. 100 pour les *mutica* et de 29 p. 100 pour les *brizantha*. Il existe donc une aptitude plus ou moins bonne à supporter un manque d'eau relatif, et qui peut constituer un critère de sélection des lignées.

Au cours de cette année de diminution de l'alimentation en eau, il n'est pas encore possible de donner des valeurs exactes de l'efficacité de l'alimentation en eau, étant donné que les résultats des mesures effectuées à l'humidimètre à neutron ne sont pas encore connus. Toutefois, si en première approximation on admet que les valeurs de l'ETR égalent 75 p. 100 de celles de l'ETP, les valeurs de (E) ne s'élèvent qu'assez peu par rapport aux années précédentes. Si ces valeurs se confirment, cela traduirait donc une excellente aptitude à utiliser l'eau, dans les conditions d'apports insuffisants pour assurer une croissance optimale. Il serait en effet du plus grand intérêt de pouvoir définir un certain nombre de genres, espèces ou variétés susceptibles de fournir une production sur pied dans certaines conditions ne nécessitant pas ou peu d'apports en eau (zone où la pluviométrie est voisine de 1 m d'eau ou plus), qui puisse servir à améliorer certains pâturages naturels. Cette très bonne utilisation de l'eau est vraisemblablement liée à une alimentation

minérale suffisante et bien équilibrée. On ne saurait d'ailleurs trop souligner que ces 2 facteurs sont si étroitement liés qu'on ne peut les dissocier dans une étude de production fourragère à caractère intensif ou semi-intensif.

Ces résultats, qui représentent 5 années consécutives d'observations dans les conditions expérimentales de la Station de Sangalkam, ne peuvent toutefois être obtenus en culture vulgarisée que si l'on applique un coefficient de réduction voisin de 0,5. On obtient alors des valeurs tout à fait possibles à reproduire en culture intensive vulgarisée. Ils mettent en outre en évidence l'intérêt des *Panicum maximum*, matériel génétique d'élection pour une production fourragère intensive et une excellente rentabilisation de l'eau apportée. La gamme très étendue des lignées produites par sélection devrait également permettre une large diffusion dans les diverses zones du Sénégal possédant une aptitude au développement de l'élevage sous toutes ses formes. Les *Brachiaria* également, qui peuvent être à la fois plantes de fauche et de pâture, sont des graminées à hautes potentialités productives, répondant bien aux apports d'eau et à la fumure minérale. L'*Andropogon gayanus*, qui existe à l'état spontané au Sénégal dans toutes les zones propices à l'élevage, est un matériel végétal bien connu des populations pastorales et très apprécié par le bétail. Bien que ses possibilités productives soient moins élevées que celles des genres précédents, il est moins exigeant et possède une valeur nutritive souvent très supérieure à eux, s'il est exploité suffisamment jeune. Il pourrait être utilisé avec profit pour l'amélioration de certains pâturages naturels, spécialement dans les zones où la pluviométrie est inférieure à 1 m/an. Quant au *Chloris gayana*, à potentiel productif encore très avantageux, son intérêt réside surtout dans le fait qu'il peut supporter un certain degré de salinité du sol, ce qui le rend apte à l'amélioration de certaines zones pastorales impropres à l'introduction d'un matériel végétal en général sensible à ce facteur.

RESUMEN

BOYER (J.), ROBERGE (G.). — Estudio ecofisiológico de la productividad de algunas gramíneas de rendimientos forrajeros elevados cultivadas en Senegal. I. Influencia de las condiciones materiales de explotación sobre los valores de materias secas de la producción de pie y de la eficiencia de la utilización del agua. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1985, 38 (4) : 320-338.

Para exteriorizar su potencialidad y dar su mejor rendimiento, el cultivo irrigado de algunas gramíneas de produc-

tividad elevada necesita en primer lugar la selección de un material vegetal y la adopción de una tecnología de explotación.

Este estudio permitió evidenciar la importancia de ciertas técnicas de cultivo, entre las cuales la utilización de elementos minerales y el ritmo de la explotación parecen más importantes para mejorar la producción forrajera y la eficiencia de la utilización del agua. Los resultados obtenidos durante 5 años consecutivos mostraron el papel particular de un abonado nitrogenado suficiente : aumentación

importante de las tasas de crecimiento y de los rendimientos de materia seca y regularización de la repartición estacional de las producciones durante el año. Demostraron también el interés especial de diferentes variedades de *Panicum maximum* como material genético de calidad para una producción forrajera intensiva y una buena rentabilidad del agua. Se necesitaría desarrollar su utilización en las

varias zonas propicias para una ganadería mejorada en Senegal.

Palabras claves : Producción forrajera - Aprovechamiento de los pastos - Nutrición mineral - Abonado nitrogenado - Agua - Régimen hídrico - Evapotranspiración - *Panicum maximum* - *Brachiaria mutica* - *Brachiaria brizantha* - *Andropogon gayanus* - *Chloris gayana*.

BIBLIOGRAPHIE

1. BERNAL (J.). Evaluation of carbohydrate reserves, yield and quality in three tropical grasses. *Diss. Abstr. int., B.*, Iowa State University, 1975, 35 : 5227.
2. BLANCHET (R.), MAERTENS (C.), MARTY (J. R.), PUECH (J.). Principaux facteurs déterminant la méthode et l'efficacité de l'irrigation. *Agrochimica*, 1974, 18 : 288-307.
3. BOUDET (G.). Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. 2^e éd. Ministère de la Coopération et du Développement, 1975. 254 p. (Coll. I.E.M.V.T. Manuel et Précis d'élevage n° 4.)
4. BOYER (J.). Etude écophysologique de la productivité de quelques graminées fourragères cultivées au Sénégal. II - Consommation d'eau et production de matière sèche des parties aériennes. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 1977, 12 : 269-282.
5. BOYER (J.), CHEVAL (M.), LOYER (J. Y.). Economie de l'eau et production fourragère au Sénégal. Colloque sur la complémentarité des études de la dynamique act. de l'eau à l'interface sol - plante - atmosphère à différentes échelles, Montpellier, 8 et 9 septembre 1980. 7 p.
6. BOYER (J.), GROUZIS (M.). Etudes écophysologiques de la productivité de quelques graminées fourragères cultivées au Sénégal. I - Influence de certains facteurs du milieu sur le comportement hydrique et la croissance. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 1977, 12 (4) : 249-267.
7. CADOT (R.). Estimation du prix de revient de l'eau d'irrigation à la station de Sangalkam. Dakar, L.N.E.R.V.-I.S.R.A., 1979. 11 p.
8. CADOT (R.). Production fourragère et incidence du poste alimentation dans le coût de la production laitière. Dakar, L.N.E.R.V.-I.S.R.A., 1979. 14 p.
9. CHEN (Y. T.), SUN (C. C.). Studies on sampling techniques in field trials of Napier grass. *J. agric. Ass. China (Taiwan)*, 1979, 105 : 1-12.
10. CORNET (A.). Détermination de l'évapotranspiration potentielle en vue de l'étude du bilan hydrique dans la zone sahélienne sénégalaise. Dakar, ORSTOM, 1977. 14 p.
11. CRESPO (G.). Response of six tropical pasture species to increasing level of nitrogen fertilization. *Cuban J. agric. Sci.*, 1974, 8 : 177-188.
12. DANCETTE (C.). Mesure d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau libre au Sénégal. Orientation des travaux portant sur les besoins en eau des cultures. *Agron. trop.*, 1976, 31 : 321-338.
13. DO CANTO (A. C.), TEIXEIRA (L. B.), MEDEIROS (J. C.), CARBAJAL (A. C. R.). Cutting height in elephant grass (*Pennisetum purp.* Schumacher). *Seiva (Brazil)*, 1974, 34 : 18-25.
14. EAGLEMAN (J. R.). An experimentally derived model for actual evapotranspiration. *J. agric. Met., Tokyo*, 1971, 8 : 385-394.
15. ELDIN (M.). Productivité et utilisation de l'eau pour une culture de *Panicum maximum*. *Annls Univ. Abidjan, ser. E*, 1973, 6 : 287-293.
16. FARNWORTH (J.), RUXTON (I. B.). The effect of nitrogen on the productivity and composition of Rhodes grass grown under irrigated arid zone condition. Publ. Joint Agric. Res. Div. Proj., Univ. Coll. North Wales, Minist. Agric. Water, Saudi Arabia, 1974, 37. 15 p.
17. FERRARIS (R.). Effect of harvest interval, nitrogen rates and application times of *Pennisetum purp.* grown as an agro-industrial crop. *Fld Crop Circ. Br. Columb.*, 1980, 3 : 109-120.
18. FUNES (F.). Cutting intervals in gramineae. In : Proc. 12th int. Grassland Congr., Moscow, 1974. pp. 130-137.
19. FUNES (F.), MORALES (J. A.), LINTKUS (U.), MARTIN (J.). Growth and development of grasses in Cuba. I - Growth dynamics and seasonal protein content of four grasses. *Cuban J. Agric. Sci.*, 1974, 14 : 69-77.
20. FUNES (F.), RONDA (R.), PEREZ (L.), AJA (A.). Intervalos de corte en ocho gramineas. In : Primer. Sem. cient. tecn., Cuba, 18-20 mai 1978, 1 : 83-85.
21. GOMEZ (I.), MENENDEZ (J.), CORDOVI (E.). Evaluación de especies del género *Pennisetum* en condiciones de corte. In : Primer. Sem. cient. tecn., Cuba, 18-20 mai 1978, 1 : 52-53.
22. HAGGAR (R. J.). The effect of quantity, source and time of application of nitrogen fertilizers on yield and quality of *Andropogon gayanus* at Shika, Nigeria. *J. agric. Sci. Camb.*, 1975, 84 : 529-535.
23. HAY (R. K. M.). Yield, water use and rooting pattern in six tropical pasture species. Res. Bull. of Bunda Coll. of Agr., Univ. of Malawi, 1977, 8 : 13-35.
24. HERRERA (J.), DIAZ (B.), CRESPO (G.). Fertilización NPK en h. de Guinea (*Panicum maximum* Jacq.). Primer. Sem. cient. tecn., Cuba, 18-20 mai 1978, 1 : 113-116.
25. HOSHINO (M.), ONO (S.), SIRIKIRATAYANOND (N.). Dry matter production of tropical grasses and legumes and its seasonal changes in Thailand. *J. Japan Soc. Grassl. Sci.*, 1979, 24 : 310-317.
26. MONZOTE (M.), FUNES (F.), LAZO (C.), LINARES (D.). Comparison of *Panicum max.* cultivars. I - First year of evaluation with irrigation. *Cuban J. Agric. Sci.*, 1976, 10 : 107-115.
27. PERNES (J.), LETENNEUR (L.), RENÉ (J.), RENÉ-CHAUME (R.), ROBERGE (G.), MESSAGER (J. L.). *Panicum maximum* (Jacq.) et l'intensification fourragère en Côte-d'Ivoire. I.E.M.V.T.-O.R.S.T.O.M., 1973. 54 p.
28. PICARD (D.), FILLONNEAU (C.). Mise en évidence d'une période critique pour la fauche des graminées. L'exemple de *Panicum maximum*. *Fourrages*, 1972, 52 : 71-80.
29. PICARD (D.), FILLONNEAU (C.), BONZON (B.), HAINNAUX (G.), SICOT (M.), TALINEAU (J. C.). Comportement de quelques plantes fourragères en Côte-d'Ivoire en fonction de différents modes d'exploitation. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Biol.*, 1973, 19 : 3-14.
30. PIMENTEL (D. M.), MARKUS (R.), JACQUES (A. V. A.). Efeitos da intensidade, frequência de cortes e nitrogênio sobre os rendimentos de matéria seca e proteína bruta de *Panicum maximum* Jacq. *Revta Soc. Brasil. Zoot.*, 1970, 8 : 631-641.
31. PIOT (J.), RIPSTEIN (G.). *Brachiaria brizantha* : meilleure exploitation. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1976, 29 (2) : 173-177.
32. POWER (J. F.). Response of semiarid grassland sites to nitrogen fertilization. I - Plant growth and water use. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1980, 44 : 545-550.

33. PRASAD (L. K.), MUKERJI (S. K.). Herbage growth rate and yield of grasses with supplemental irrigation during dry period in a monsoon. *Indian J. Agron.*, 1979, **24** : 100-101.
34. PUECH (J.), MAERTENS (C.). Efficience de l'utilisation de l'eau de quelques cultures fourragères croissant dans des conditions écologiques variées. *Agrochimica*, 1974, **18** : 223-230.
35. RICHTIE (J. T.). Atmospheric and soil water influences on plant water balance. *Agr. Météorol.*, 1974, **14** : 183-198.
36. RIOU (C.). La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique centrale. Bondy, O.R.S.T.O.M., 1975, (Mém. O.R.S.T.O.M., 80) 236 p.
37. ROBERGE (G.). Résultats acquis sur la production fourragère en régions tropicales humides. (Cas de la moyenne Côte-d'Ivoire.) Maisons-Alfort, I.E.M.V.T., 1976. 73 p. (Note de synthèse n° 6.)
38. SALETTE (J.). Les cultures fourragères tropicales et leurs possibilités d'intensification. *Fourrages*, 1970, **43** : 91-105.
39. SALETTE (J. E.). In : Proc. 11th int. Grassland Congr., Queensland, 1970. pp. 404-407.
40. SALETTE (J. E.). Perspectives d'intensification de la production fourragère dans les tropiques humides. In : Colloque sur l'intensification des productions fourragères en milieu tropical humide et son utilisation par les ruminants. I.N.R.A., Paris, 1974. pp. 47-51. (24-29 mai 1971).
41. SUAREZ (J. J.). Effect of soil water stress on biological parameters of Guinea Grass (*Panicum maximum* Jacq.) and glycine (wightii). In : Proc. 13th int. Grassland Congr., Sect. 1-2, 1977. pp. 121-130.
42. TOUTAIN (B.). Principales plantes fourragères cultivées. Maisons-Alfort, I.E.M.V.T., 1973. 201 p. (Note de synthèse n° 3.)
43. VASQUEZ (J.), PEREZ (J.), MELENDEZ (F.). Effect of nitrogen, frequency and height of cutting on carbohydrate reserves and production of dry matter from Para grass (*Brachiaria mutica*). *Trop. anim. Prod. (Mexico)*, **4** : 178.
44. WIGHT (J. R.). Range fertilization in the northern great plains. *J. Range Mgmt*, 1976, **29** : 180-185.
45. WIGHT (J. R.), BLACK (A. L.). Range fertilization : plant response and water use. *J. Range Mgmt*, 1979, **32** : 345-349.
46. YASUE (T.), SAWANO (S.), KATO (Z.), HORINCHI (T.). The cultivation and utilisation of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) as an annual soiling crop. *J. Japan Soc. Grassl. Sci.*, 1976, **22** : 78-85.
47. YEH (M. T.). Trial of Para grass (*Brachiaria mutica*) on nitrogenous fertilizer requirements in Ma-Lio and Au-Koo tidal areas. *J. Taiwan Livestock Res.*, 1977, **10** : 33-47.
48. YEPES (S.). Evaluación inicial de gramíneas y leguminosas en campos de introducción. I - Gramíneas con diferentes alturas de corte. II - Gramíneas con diferentes frecuencias de corte. Ser. Tecn. Cient. Estación Exp. de Pastos y Forajes ; Perico (Cuba), 1975, A.8 : 2-13 et 14-22.